

інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: зб. наук. пр. / [редкол.: І.А. Зязюн (голова) та ін.]. – К., Вінниця: ДОВ “Вінниця”, 2008. – Вип. 17 – С. – 301–308.

4. Бевз Г. Не звужуймо поняття математичної моделі / Григорій Бевз // Математика в школі. – 2009. – № 12. – С. 3–7.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Рум'янцева Катерина Євгенівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри інформаційних систем в економіці, Вінницький інститут економіки Тернопільського національного економічного університету.

Наукові інтереси: проблеми професійного навчання майбутніх економістів.

МОДЕЛЬ УРОКУ ВИВЧЕННЯ ЗАКОНІВ ФОТОЕФЕКТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІРТУАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Микола САДОВИЙ

В даній статті запропонована модель уроку вивчення законів фотоефекту з використанням віртуального експерименту.

In this article the offered model of year of study of laws of photoeffect is with the use of virtual experiment.

Актуальність проблеми. В умовах розвитку інформаційного суспільства значно зростає відсоток інформації, яка споживається і переробляється людиною в електронній формі. Розвиток засобів інформатизації та їх використання у всіх галузях людської діяльності потребують інноваційних педагогічних підходів до навчання для забезпечення відповідного розвитку учня. За сучасних умов розвитку суспільства вивчення фізики в школі без використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) неможливе.

Аналіз ступеня дослідження проблеми. Використання ІКТ навчання та відповідного програмного забезпечення навчання фізики широко висвітлені в науково-методичних працях: розроблені основні концептуальні засади створення засобів комп'ютерної підтримки [1], відпрацьовані окремі аспекти використання в навчальному процесі з фізики моделювальних програм, електронних підручників, програм для обробки результатів вимірювань та

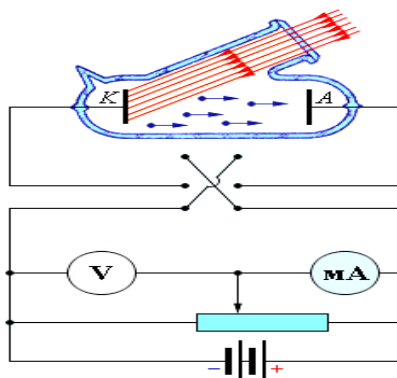
здійснення контролю знань, комп'ютерних ігор та проєктів, розглянуті можливості забезпечення організації діалогу в системі дистанційного навчання [2].

З розвитком інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) навчання актуальною є проблема запровадження віртуального експерименту в навчання фізики [2]. **Метою даної статті** є показати одну ж можливостей такого запровадження на прикладі моделі уроку вивчення законів фотоефекту з використанням віртуального експерименту.

Ми розробили серію уроків і здійснили первинне їх апробування в умовах профільних класів середніх. У процесі підготовки моделей нами використано набутий досвід Є. В. Руденка (м. Олександрія), О. В. Тасенка (с. Крупське Кіровоградської області), учителів Г. В. Лужнова (ЗОШ № 14, м. Челябінськ) А. В. Хейло (ЗОШ № 7, с. Старомар'ївка, Ставропольський край) Л. А. Богданової, С. Т. Сечкової, В. І. Черкашиної, О. А. Чуракової [1]. Приводимо одну з таких моделей.

Модель уроку вивчення законів фотоефекту Столетова з використанням віртуального експерименту може бути представлена так

Тема уроку: Дослідна перевірка законів фотоефекту Столетова		
Мета уроку		
Навчальна	Розвивальна	Виховна
<p>- сформувати уявлення про фотоефект і дослідно перевірити закони фотоефекту Столетова віртуальним експериментом;</p> <p>- повторити рівняння Ейнштейна для фотоефекту;</p> <p>- ознайомлення з комп'ютерною моделлю установки Столетова з вивчення законів фотоефекту;</p> <p>- підготовка до розв'язування задач на закони фотоефекту;</p> <p>- реалізувати завершальну частину схеми наукового пізнання шляхом виконання практичної роботи.</p>	<p>- ознайомлення з методами наукових досліджень явища фотоефекту;</p> <p>- розвиток здібностей учнів до теоретичних узагальнень;</p> <p>- розвиток аналітичного мислення;</p> <p>- виявлення зв'язку законів фотоефекту Столетова з рівнянням фотоефекту Ейнштейна;</p> <p>- забезпечити розвиток навичок практичної роботи.</p>	<p>- формування діалектико-матеріалістичного світогляду у пізнанні явищ природи;</p> <p>- формування комунікативних якостей особистості при розгляді дослідницьких задач;</p> <p>- розвиток інтересу до експериментального вивчення явищ природи;</p> <p>- показати роль знань з фотоефекту для практичної діяльності людей;</p> <p>- виховання світоглядних причинно-наслідкових зв'язків у навколишньому світі, пізнавальності навколишнього світу і людини.</p>
Обладнання уроку:		
<p>ознайомлення з віртуальним експериментальним методом дослідження фотоефекту, елементами установки та їх призначенням: прилад для дослідження законів фотоефекту, вольтметр, мікроамперметр, потенціометр, джерело струму, подвійний перемикач; персональні комп'ютери, мультимедійний проектор, розроблений нами мультимедійний диск «База електронних наочних посібників».</p>	<p>- використаний метод теоретичного обґрунтування схеми установки;</p> <p>- інформаційно-комунікаційна технологія навчання у віртуальній формі;</p> <p>- мультимедійний підручник «Відкрита фізика» ч.2. Аналіз схеми установки, кожного елементу установки, визначення логіки дослідження закономірностей фотоефекту. Перевірка закономірності пізнання: від живого споглядання до абстрактного мислення, а від нього до практики.</p>	<p>виховання допитливості, інтересу, цілеспрямованості у діях, змагальності у досягненні поставленої мети, працелюбства.</p>



Етапи уроку	Діяльність учителя	Діяльність учнів
<p>Актуалізація чуттєвого досвіду і виявлення опорних знань</p>	<p>Нам з вами належить провести дослідження з комп'ютерним моделюванням фізичного явища фотоефекту, на основі запропонованої О.Столетовим установки і самостійно встановити закономірності цього явища. Для цього проведемо підготовчу навчальну роботу і з'ясувати:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Що називається фотоефектом? 2. Сформулювати закони фотоефекту. 3. Що називається червоною межею фотоефекту? 4. Що називається вольт-амперною характеристикою? 5. Згадаєте рівняння Планка і Ейнштейна. 6. Чому рівна робота виходу? 	<p>Учні відповідають на запитання, готуються до активної навчально-пізнавальної діяльності на основі опорних знань.</p> $E = h\nu, \quad h\nu = A_{\text{вих}} + \frac{mv^2}{2},$ $\frac{mv^2}{2} = eU_{\text{зад}},$ $A_{\text{вих}} = h\nu_{\text{мін}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{макс}}},$
<p>Мотивація навчальної діяльності</p>	<p>Постановка віртуального проблемного дослідження Герца (1886 р.) із зменшення різниці потенціалів між кульками високовольтного індуктора при освітленні негативно зарядженої кульки, постановка навчальної задачі: чому маємо такий результат?</p>	<p>Розвиток логічного мислення, прояв пошукової діяльності.</p>
<p>Повідомлення теми уроку</p>	<p>Тема уроку: Явище фотоефекту. Закони Столетова, пояснення фотоефекту Ейнштейном</p>	

<p>Завдання уроку:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - використати комп'ютерні технології для дослідження явища фотоефекту; - провести перевірку законів фотоефекту з використанням власного мультимедійного диска: «База електронних наочних посібників» з'ясувати: <ol style="list-style-type: none"> 1. Як сила фотоструму насичення залежить від інтенсивності світлового випромінювання, що падає на поверхню тіла? 2. У якій залежності максимальна кінетична енергія фотоелектронів з частотою світла і як залежить від його інтенсивності? 3. Чи для всіх частот світла відбувається фотоефект? - забезпечити теоретичне обґрунтування фотоефекту та його законів. 	<ul style="list-style-type: none"> - забезпечення готовності до використання інформаційно-комунікаційних технологій навчання
-------------------------------	---	---

Етап уроку Вивчення нового навчального матеріалу:

Діяльність учителя	Діяльність учнів
<p><i>Інструктаж</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ввімкніть персональний комп'ютер і вставте диск «База електронних наочних посібників». 2. Відкрийте в розділі "Квантова фізика" вікно моделі "Фотоефект". 3. Ознайомтесь із схемою установки та всіма складовими електричного кола. 4. Встановіть 	<p>Учні працюють з мультимедійною базою «Квантова фізика» темою «Фотоефект».</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> $U = 1.5$ В </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> $P = 0.5$ мВт </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> $h\nu = 2.30$ eВ </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> $\lambda = 540$ нм </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> $I = 0.402$ mA </div> </div> <p style="text-align: center;">Фотоефект. Фотони. (модель фотоефекта)</p> <p>Експеримент 1. Дослідницьке завдання: <i>проспостерігати за явищем, що відбувається на екрані.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> а) Поясніть схему дослідної установки А.Столетова. б) Дайте поняття (формулювання) явища фотоефекту. <p>Експеримент 2. Дослідницьке завдання: <i>Встановити, як залежить сила струму (фотострум) і напруга (затримуюча</i></p>

значення довжини хвилі світла (550nm), що падає, і потужність світла 0,5мВт.

5. Натисніть кнопку "Старт", поспостерігайте за тим, що відбувається на екрані явище.

6. Зверніть увагу, що на екрані відображена установка, графік залежності I від (U) , поточні значення напруги (U) , потужності (P) , сили струму (I) .

7. Перервіть процес кнопкою "Скидання".

8. Для продовження експерименту знову натисніть кнопку "Старт". Візьміть інструкції з виконання практичної роботи і приступайте до виконання експериментів.

Виявляє якість і рівень оволодіння знаннями, отримує інформацію про досягнення такими, що вчать планованих результатів навчання за графіками і

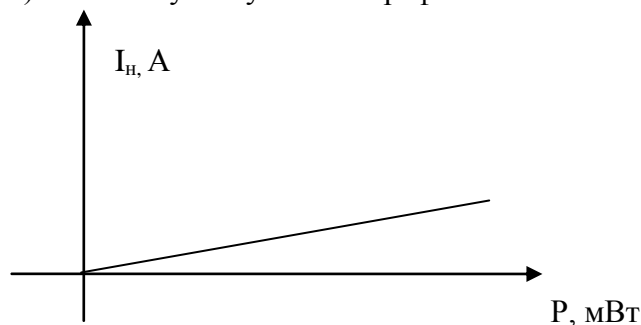
напру-га) від величини світлового потоку (потужності світла, що падає).

Учні змінюють потужність випромінювання при постійній довжині хвилі і з допомогою вольт-амперної характеристики (ВАХ) визначають значення струму. Результати заносять в таблицю, будують графік

P, мВ	0	0,2	0,8	1
I _n , А	0	0,06	0,24	0.3

Учні роблять висновок: про те, що струм насичення прямо пропорційний потужності випромінювання: $I_n \sim P$

а) Замальовують у зошиті графіки залежності струму (I) і



напруги (U) для різної потужності (P), тобто світлового потоку, що падає.

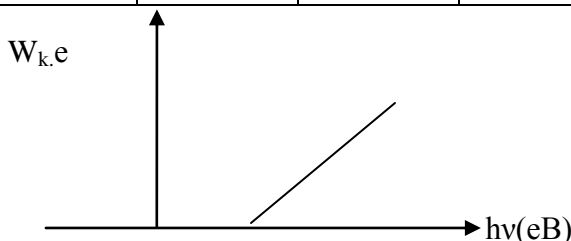
б) Порівнюють значення величини сили струму (I) і напруги (U) залежно від потужності світла, що падає.

Експеримент 3. Дослідницьке завдання: Встановити, як залежить сила струму і напруга від довжини хвилі світла, що падає.

Учні досліджують ВАХ, визначають напругу, за якою пропадає струм у колі, при незмінній потужності. Визначають залежність напруги від довжини хвилі, перетворюють її в залежність $W_k = W_k(h\nu)$. Будують графік.

Роблять висновок про те, що кінетична енергія електронів пропорційна частоті випромінювання $W_k \sim \nu$

W eB	0	0,1	0,2	0,5
hν, eB	2,0	2,1	2,2	2,5



а) Замальовують у зошиті графіки залежності сили струму (I) і напруги (U) для різної довжини хвилі (λ) світла, що падає.

б) Порівнюють значення величин сили струму (I) і напруги (U) залежно від довжини хвилі (λ) світла, що падає.

в) Роблять висновок і записують його в зошит.

таблицями	<p>Експеримент 4. Дослідницьке завдання: Встановите негативне значення напруга.</p> <p>Спостерігають на моделі потік електронів і його залежність від довжини хвилі. Визначають максимальну довжину хвилі, з якою починається фотоефект (на картинці з'являються електрони), розраховують роботу виходу. Роблять висновки про існування червоної межі фотоефекту для речовини:</p> $\nu_{\text{вих}} = \frac{A_{\text{вих}}}{h}; \lambda_{\text{мач}} = \frac{hc}{A_{\text{вих}}}$ <p>а) Спостерігають, що відбувається, якщо збільшити різницю потенціалів між електродами (не міняючи інтенсивність і довжину хвилі світла, що падає).</p> <p>б) Пояснюють, чому це відбувається.</p> <p>в) Роблять висновок, від чого залежить кінетична енергія вирваних світлом електронів, і записують його в зошит.</p> <p>Експеримент 5. Дослідницьке завдання: Освітить фотоелемент червоним світлом, виміряйте напругу, при якій відбувається замикання струму в колі</p> <p>а) За відомим значенням довжини хвилі (λ) світла, що падає, обчислюють його енергію.</p> <p>б) За відомим значенням замикаючої напруги (U_3) обчислюють кінетичну енергію вирваних світлом електронів.</p> <p>в) Виражають отримані результати в електрон-вольтах.</p> <p>г) Будують графік залежності напруги (U_3) від довжини хвилі (λ).</p> <p>Експеримент 6. Творче завдання: У рамках цієї теми придумайте, сформулюйте і розв'яжіть завдання. Проведіть комп'ютерний експеримент і перевірте свою відповідь. Зробіть висновок на основі виконаної роботи.</p>
-----------	---

Етап уроку Систематизація знань:

Діяльність учителя	Діяльність учнів
<p>Таким чином, виконавши 6 віртуальних експериментів звернемось до завдань уроку.</p> <p>В одному з віршів О.С.Пушкіна читаємо: "геній, парадоксів друг".</p> <p>Чи знаєте ви, що таке парадокс? Парадокс – це несподіване явище, що не відповідає звичайним представленням.</p> <p>У чому полягає парадокс фотоефекту?</p> <p>В чому полягає сутність законів фотоефекту?</p>	<p>Парадокс фотоефекту полягає в тому, що при збільшенні потужності потоку світла заданої довжини хвилі, що падає, швидкість фотоелектронів не збільшується, а світло, що має довжину хвилі менше порогового значення, взагалі не може вибити з металу електрон незалежно від потужності світлового потоку.</p> <p>1. Сила струму насичення прямо пропорційна інтенсивності світлового випромінювання, що падає на поверхню тіла.</p> <p>2. Максимальна кінетична енергія фотоелектронів лінійно зростає з частотою світла і залежить від його інтенсивності.</p> <p>3. Якщо частота світла менша деякої</p>

Хто і як теоретично пояснив явище фотоефекту та закони фотоефекту?	визначеної для цієї речовини мінімальної частоти, то фотоефекту не відбувається. Явище фотоефекту теоретично пояснив А.Ейнштейн і встановив рівняння фотоефекту $h\nu = A + mv^2/2$. Узагальнення законів Столетова приводить до рівняння Ейнштейна.
--	--

Етап уроку Узагальнення навчального матеріалу:

<i>Діяльність учителя</i>	<i>Діяльність учнів</i>
<p>Ввімкніть комп'ютер, вставте диск «База електронних наочних посібників» і віднайдіть у розділі «Квантова фізика» тести. Ознайомтесь із запитаннями тестів і виберіть правильну на Вашу думку відповіді.</p> <p>Зокрема, що називається явищем фотоефекту.</p>	<p>1) збільшення опору провідника із зростанням температури; 2) рух легкої вертушки при освітленні однієї з її пелюсток; 3) поява різниці потенціалів між освітленої і темної сторонами металевієї пластини; 4) електризація металів під дією світла.</p>
<p>Розв'язати задачу. Червона межа фотоефекту для речовини фотокатода відповідає частоті світла $\nu_c = 6,6 \cdot 10^{14}$ Гц. При опроміненні катода світлом з частотою ν фотострум припиняється при напрузі між анодом і катодом $U = 1,4$ В. Визначите частоту?</p> <p>Зверніться до тесту до задачі у комп'ютері Додаткове питання: Від чого залежить максимальна кінетична енергія фотоелектронів, що вибиваються з металу?</p> <p>А. від частоти світла, що падає. Б. від інтенсивності світла, що падає. В. від роботи виходу електронів з металу</p> <p>Наступна задача. При збільшенні в 2 рази частоти світла, що падає на поверхню металу, затримуюча напруга для фотоелектронів збільшилася в 3 рази. Первинна частота світла, що падає, була рівна $0,75 \cdot 10^{15}$ Гц. Яка довжина хвилі, відповідає «червоній межі» фотоефекту у металі?</p> <p>Додаткове питання: Чому рівний імпульс фотона, якщо відповідна довжина хвилі монохроматичного світла рівна 660 нм?</p> <p>Наступне завдання. Фотокатод</p>	<p>Здійснюється розв'язок задачі.</p> <p>Відповідь: А і В.</p> <p>Якщо учень не може розв'язати задачі, він звертається до комп'ютера за допомогою.</p> <p>Учень може звернутись до комп'ютера за допомогою</p>

освітлює світлом з частотою $1,0 \cdot 10^{15}$ Гц. Електрони, що вилетіли з катода, потрапляють в однорідне магнітне поле з індукцією $2 \cdot 10^4$ Тл перпендикулярно лініям індукції цього поля і рухаються по колах. Максимальний радіус такого кола дорівнює 2 см. Чому дорівнює робота виходу A електронів з речовини фотокатода?

Додаткове питання: Як зміниться мінімальна частота, при якій виникає фотоефект, якщо пластинці повідомити негативний заряд?

1) не зміниться 2) збільшиться 3) зменшиться 4) збільшиться або зменшиться залежно від роду речовини.

Етап уроку Підведення підсумків уроку. Дом. завд.:

Діяльність учителя	Діяльність учнів
<p>Дає аналіз і оцінку успішності, досягнення мети і намічає перспективу наступної роботи (рішення завдань). Коментує домашнє завдання: оформити звіт з експерименту. Оформити опорний конспект.</p>	

Висновок. Отже, впровадження віртуального експерименту у навчально-виховний процес в умовах пошуку шляхів інтенсифікації пізнавальної діяльності, створення стимулюючого середовища для її суб'єктів сприяє засвоєнню на належному рівні дедалі зростаючої кількості інформації з фізики. Нові інформаційно-комунікаційні технології дозволяють подавати навчальний матеріал у різних формах і навчати учнів в інтерактивному режимі роботи в системі “учень – програмне середовище – вчитель”, що позитивно впливає на їх якість знань і стимулює до освітньої діяльності, забезпечує саморозвиток, самовираження і самоосвіту.

БІБЛОГРАФІЯ

1. Гамбург К.С. Виртуальные стендовые лабораторные работы как инновационная форма высшего профессионального образования [Текст] / К.С.Гамбург // Инновационные процессы в высшей школе: [материалы XII Всероссийской науч.-практ. конф.] – Краснодар: КубГТУ, 2006. – С. 131-132.
2. Іваницький О.І. Сучасні технології навчання фізики в середній школі: [моногр.] / О.І.Іваницький – Запоріжжя: Прем'єр, 2001. – 266 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Садовий Микола Ілліч – доктор педагогічних наук, професор кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету ім. В.Винниченка.

Наукові інтереси: проблеми дидактики фізики.